



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101994900359249
Data Deposito	07/04/1994
Data Pubblicazione	07/10/1995

Priorità	93 07697.4
Nazione Priorità	GB
Data Deposito Priorità	

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	C		

Titolo

METODO DI SCANDIRE LA SUPERFICIE DI UN OGGETTO

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale

07 APR. 1994

a nome: RENISHAW PLC

MI 94 A 000 652

di nazionalità: inglese

con sede: WOTTON-UNDER-EDGE, Gloucestershire (Gran
Bretagna)

- - - - -

Questa invenzione si riferisce alla misura di un oggetto mediante scansione del suo contorno di superficie.

E' noto scandire il contorno di superficie di un oggetto montando una sonda appropriata in una macchina utensile, macchina di misurazione di coordinate, oppure in una macchina di scansione specialistica. La sonda viene scandita attraverso la superficie dell'oggetto, ed un ampio numero di letture di coordinate di posizione sono prese. Questi dati di posizione di coordinate sono poi alimentati ad un elaboratore, e l'elaborazione è nota come digitalizzazione.

Un esempio di una macchina di scansione che può essere utilizzata per tale scopo viene mostrata nella nostra precedente domanda di brevetto europea EP 528541. Un esempio di un metodo per la scansione di un oggetto avente un contorno della superficie non noto viene mostrato nella nostra domanda di brevetto internazionale WO 91/20020.

Tali metodi di scansione generano ampie quantità di dati di coordinate, che rappresentano punti di scansione sulla superficie dell'oggetto. L'elaboratore immagazzina tutti questi dati, per esempio su un disco magnetico, ed è successivamente elaborato ulteriormente.

Prima di tale ulteriore elaborazione, è noto filtrare i dati, al fine di rimuovere informazioni ridondanti e di conseguenza ridurre la quantità di elaborazione richiesta. In particolare, molti dati ridondanti possono essere filtrati dove una particolare parte della superficie dell'oggetto è piatta o piana, dal momento che ovviamente meno dati sono necessari per descrivere una tale superficie di un contorno che cambia rapidamente.

La presente invenzione si riferisce ad un metodo di scansione o digitalizzazione di una superficie di un oggetto, nel quale viene utilizzato un nuovo algoritmo di filtraggio. Il preferito algoritmo può essere utilizzato come in precedenza, per filtrare dati che sono stati immagazzinati prima della successiva elaborazione. Alternativamente, comunque, l'algoritmo preferito può essere utilizzato in tempo reale per filtrare i dati appena che essi sono generati, prima del loro immagazzinaggio.

Una preferita realizzazione dell'invenzione sarà ora descritta con riferimento ai disegni allegati in cui:

la Fig. 1 mostra una macchina di scansione con la quale può essere utilizzato il metodo preferito;

la Fig. 2 è una illustrazione schematica di uno stilo di sonda che scandisce la superficie di un oggetto;

le Figg. 3-7 sono diagrammi che mostrano punti che sono stati scanditi, per illustrare l'applicazione di un algoritmo filtrante a quei punti che rappresentano i dati; e

la Fig. 8 è uno schema di flusso dell'algoritmo.

La Fig. 1 mostra una macchina di scansione con la quale il metodo preferito secondo l'invenzione può essere utilizzato. Comunque, il metodo è naturalmente ugualmente applicabile ad altre macchine di scansione, ed a metodi di scansione realizzati su altre macchine quali macchine di misurazione di coordinate e macchine utensili.

La macchina mostrata in Fig. 1 è generalmente mostrata nella nostra domanda di brevetto europeo N. EP 528541, alla quale viene fatto riferimento per più dettagli. Brevemente, la macchina comprende un basamento 1, una colonna 2 che sta diritta da una estre-

mità del basamento, e due travi 3, 4 che sono posizionate sulla sommità della colonna. Un ponte 6 può traslare in una direzione Y lungo le travi 3, 4, mentre un carrello 7 può traslare in una direzione X lungo il ponte 6. Il carrello 7 ha una colonna 9 che supporta un mandrino 11 per il movimento in una direzione verticale Z. In corrispondenza della sua estremità inferiore, il mandrino 11 porta una sonda 5, avente uno stilo 8 che contatta l'oggetto, flessibile.

La macchina ha comandi del motore convenzionali (non mostrati) per comandare il ponte 6 nella direzione Y sulle travi 3, 4, per comandare il carrello 7 nella direzione X sul ponte 6, e per comandare il mandrino 11 nella direzione Z nel carrello. Essa ha anche scale ed altri trasduttori che indicano la posizione delle coordinate X, Y, Z della sonda 5 entro il volume di lavoro della macchina.

A titolo di illustrazione, la sonda 5 viene assunta essere del tipo analogico, contenente ulteriori trasduttori che misurano la deflessione dello stilo 8 nelle direzioni X, Y e Z quando essa è portata in contatto con la superficie di un oggetto collocato sul basamento 1. Per misurare la coordinata di un punto sulla superficie, le uscite di questi trasduttori sono aggiunte a quelle delle scale. Comunque,

molti altri tipi di sonda possono essere utilizzati, quale una sonda a contatto a scatto, che semplicemente emette un segnale di scatto nell'istante di contatto tra la superficie dell'oggetto e lo stilo, determinando una lettura di coordinata ad essere presa dalle scale. Alternativamente, la sonda può essere un tipo senza contatto, quale una sonda a triangolazione laser.

Nell'uso, i comandi del motore sono controllati da un programma in un elaboratore 20 in modo da determinare la sonda 5 alla scansione della superficie di un oggetto collocato sul basamento 1. Vi sono un numero di differenti modi nel quale può essere scandita la superficie, sotto il controllo dell'elaboratore 20.

Per esempio, lo stilo 8 può essere scandito nella direzione X lungo ciascuna di una serie di linee, le linee ciascuna essendo leggermente distanziata nella direzione Y per formare un reticolo di scansione X-Y. La Fig. 2 mostra lo stilo in scansione lungo una di tali linee, sopra una superficie di un oggetto 30. Esso si muove su e giù nella direzione Z quando esso fa ciò, e l'elaboratore 20 prende lettura della posizione delle coordinate ad intervalli regolari. Questo mette insieme dati di coordinate digitalizzati per

una serie di punti P1-P6, e molti altri punti, tutti giacenti entro una singola striscia X-Z dell'oggetto. Il risultato è un'ampia quantità di dati che potrebbero convenzionalmente essere immagazzinati dall'elaboratore 20 in un file, prima dell'ulteriore elaborazione, insieme con similari quantità di dati per ciascuna di altre strisce X-Z entro il reticolo. Per chiarezza, la distanza dei punti P1-P6 viene esagerata in Fig. 2; in realtà i punti sono molto più vicini tra loro.

Il procedimento di scansione del reticolo può procedere lungo un percorso predeterminato dello stilo 8, basato sulla forma nominale dell'oggetto. Alternativamente, si possono utilizzare tecniche progettate per la scansione di una superficie avente una forma non nota, per esempio come nella nostra precedente domanda internazionale WO 91/20020. Naturalmente, la scansione del reticolo può essere ruotata di 90° se desiderato, in modo da instaurare dati di coordinate per una serie di strisce nella direzione Y-Z. Con un software di scansione appropriato, le strisce della scansione possono essere orientate in qualunque piano verticale desiderato.

I dati acquisiti sono sottoposti ad un nuovo algoritmo di filtrazione dei dati che sarà descritto

qui di seguito. Questo algoritmo di filtrazione può essere realizzato in un tempo successivo, o nell'elaboratore 20 oppure su un elaboratore separato, agendo sul file dei dati delle coordinate che sono state acquisite ed immagazzinate. Comunque, l'algoritmo di filtrazione può al contrario essere realizzato in tempo reale dall'elaboratore 20 appena che i dati stanno per essere acquisiti, e prima che essi siano immagazzinati. Quest'ultima possibilità ha il vantaggio di togliere dati ridondanti prima dell'immagazzinaggio, riducendo conseguentemente le richieste di immagazzinaggio. Se l'elaboratore 20 ha immagazzinaggi di limitata capacità, per esempio un disco magnetico, questo permette ai dati di essere acquisiti da un dato oggetto ad una data densità che altrimenti non sarebbe possibile.

L'algoritmo utilizza un valore di tolleranza che è preselezionato dall'utilizzatore, per esempio in risposta ad una domanda posta dall'elaboratore 20 prima che inizi l'elaborazione. Questo valore di tolleranza è noto quale valore di tolleranza cordale. A titolo di illustrazione, è assunto che i dati di coordinate per i punti P1-P6 in Fig. 2 siano acquisiti, in quell'ordine. L'algoritmo procede nei seguenti stadi, ricevendo i dati delle coordinate per i punti

in ordine, o direttamente quando la scansione ha luogo o da un file di dati immagazzinati dall'elaboratore 20. I vari stadi sono illustrati nelle Figg. 3-6, che rappresentano i dati nel medesimo piano X-Z della Fig. 2. Le fasi dell'algoritmo sono anche mostrate in Fig. 8.

STADIO 1

L'algoritmo riceve i dati delle coordinate dal primo punto P1. Questo è riferito quale punto di base. E' automaticamente ritenuto essere un punto richiesto (vale a dire non è ridondante) ed è quindi passato all'uscita dell'algoritmo. (Stadio 40 in Fig. 8)

STADIO 2

Quando i dati per il secondo punto P2 (chiamato punto di prova) sono ricevuti, l'algoritmo crea un vettore diretto DVO, un vettore di tolleranza di sommità TVO ed un vettore di tolleranza di fondo BVO, come mostrato in Fig. 3. (Stadi 42 e 44 in Fig. 8) Il vettore diretto DVO è semplicemente il vettore tra il punto di base P1 ed il punto di prova P2. I vettori di tolleranza di sommità e di fondo TVO, BVO sono i vettori che si estendono dal punto di base P1 sino ai punti sull'altro lato del punto di prova P2, distanziati dal punto di prova P2 di una distanza h. La

distanza h è semplicemente metà del valore dell'entrata di tolleranza cordale dall'utilizzatore. STADIO

3

Quando il punto successivo $P3$ è ricevuto (denominato il punto corrente) un nuovo vettore diretto $DV1$ viene creato il quale si estende dal punto di base $P1$ sino al punto corrente $P3$. (Stadi 46 e 48.) Vi sono due possibili condizioni per il nuovo vettore $DV1$. O d esso giacerà al di fuori della banda di tolleranza confinata dai vettori di tolleranza di sommità e di fondo $TV0$, $BV0$ come illustrato in Fig. 4; oppure alternativamente esso giacerà entro quella banda di tolleranza come illustrato in Fig. 5. L'algoritmo determina quali di questi due casi è avvenuto calcolando il prodotto incrociato (prodotto vettore) del nuovo vettore diretto $DV1$ con rispettivamente ciascuno dei vettori di tolleranza di sommità e di fondo $TV0$, $BV0$. (Stadio 50.)

Se viene determinato che il nuovo vettore diretto $DV1$ giace all'esterno della banda di tolleranza (Fig. 4) allora il punto di prova $P2$ è ritenuto essere richiesto. L'algoritmo emette i dati di coordinate per il punto di prova $P2$ (Stadio 52), dopo i dati di coordinate per il punto di base $P1$. Il punto di prova $P2$ viene ora trattato quale nuovo punto di base, ed

il punto corrente P3 viene trattato quale nuovo punto di prova. (Stadi 54 e 56.) L'algoritmo comincia di nuovo dallo stadio 2, calcolando i nuovi vettori di tolleranza di sommità e di fondo (TV0, BV0) basati su questi nuovi punti di base e di prova.

Se il nuovo vettore diretto DV1 giace entro la banda di tolleranza tra i vettori di tolleranza di sommità e di fondo TV0, BV0 (Fig. 5) allora il punto di prova P2 è scartato (vale a dire filtrato) dal momento che esso è ritenuto essere entro le specifiche di tolleranza dell'algoritmo. (Stadio 58.) Vale a dire, il punto di prova P2 è un dato ridondante che può essere scartato dal momento che il contorno della superficie è relativamente piatto o piano in questa zona. In questo caso, l'algoritmo mantiene il punto P1 quale suo punto di base, ed il punto corrente P3 è ridefinito quale nuovo punto di prova (Stadio 60.) Comunque, in questo caso i vecchi vettori di tolleranza TV0, BV0 non sono scartati.

Nuovi vettori di tolleranza di sommità e di fondo TV1, BV1 vengono ora selezionati attorno al nuovo punto di prova P3. (Stadio 62.) Come illustrato in Fig. 6, questo viene fatto in un modo similare allo stadio 2 precedente, utilizzando la distanza h derivata dalla tolleranza cordale.

In seguito, l'algoritmo sceglie due dei vettori di tolleranza TV0, BV0, TV1, BV1 con i quali continuare, sempre tenendo un vettore di tolleranza di sommità ed un vettore di tolleranza di fondo. La coppia scelta viene selezionata sulla base di quali due vettori sono più vicini al vettore diretto DV1, al disopra ed al disotto di esso rispettivamente. (Stadio 64.) Usualmente la coppia scelta comprenderà un vettore da ciascuno delle serie vecchie e nuove. Nell'esempio mostrato in Fig. 6 il nuovo vettore di sommità TVn è il vettore di sommità TV0 dalla serie vecchia, mentre il nuovo vettore di fondo BVn è il vettore di fondo BV1 dalla serie nuova. Comunque, è occasionalmente possibile, specialmente dopo parecchie iterazioni, per entrambi i vettori di essere scelti dalla nuova serie. Sarà visto dalla Fig. 6 che la banda di tolleranza associata con i vettori scelti TVn, BVn è sempre meno di od uguale alla tolleranza cordale 2h.

Il successivo algoritmo ripete lo stadio 46, per ricevere un nuovo punto P4 (vedi Fig. 2). La procedura dallo stadio 3 in avanti viene ripetuta, utilizzando P1 quale punto di base, P3 quale punto di prova e P4 quale punto corrente, ed utilizzando i nuovi vettori di tolleranza TVn, BVn per definire la banda

di tolleranza.

Sarà quindi visto che comunque un punto di dato viene scartato, le richieste di tolleranza per ciascun punto successivo diventano in aumento legate. Come illustrato in Fig. 7, tutti i punti scartati da P_2 a $P(n-1)$ sono entro la tolleranza cordale della linea dritta congiungente i due punti richiesti P_1 , P_n che li delimita.

L'algoritmo può essere utilizzato per scartare interamente punti non necessari quando esso procede. Alternativamente, esso può appena affievolire questi punti all'azione, così che essi possono essere scartati in uno stadio successivo.

E' importante notare che l'algoritmo utilizza solamente precedenti punti per decidere il destino del punto corrente. Non è necessario conoscere il comportamento dell'intera serie di punti. Per questa ragione, l'algoritmo è particolarmente appropriato per funzionamento in tempo reale, decidendo quali punti sono richiesti mentre la scansione è in corso. Un ulteriore vantaggio è che le equazioni che devono essere calcolate durante il funzionamento dell'algoritmo sono semplici, e comportano solamente pochi punti di dati alla volta. Questa è un'altra ragione perchè l'algoritmo si presta in sè al funzionamento in tempo

reale, e porta a velocità e prestazioni migliorate anche se esso è funzionante su un file di dati precedentemente immagazzinato. Inoltre mentre molti punti possono essere scartati durante il funzionamento, i vettori derivati dai punti scartati possono ancora essere utilizzati per decidere il destino dei punti successivi, restringendo la banda di tolleranza, così che anche i dati scartati possono avere un effetto sul risultato finale.

L'algoritmo descritto in precedenza è essenzialmente bidimensionale, ed è quindi appropriato per punti scanditi che giacciono tutti entro il medesimo piano (per esempio il piano X-Z oppure Y-Z, come prodotti dall'operazione di scansione del reticolo descritta in precedenza). Comunque, l'algoritmo può essere facilmente esteso a tre dimensioni ove i punti dei dati non sono tutti coplanari. Questo può essere fatto individuando "coni di tolleranza" in tre dimensioni, al posto delle bande bidimensionali di tolleranza illustrate in Figg. 3-6. In Fig. 3, per esempio, il punto di base P1 individuerà l'apice del cono, ed il vettore diretto DVO definirà il suo asse. Alternativamente, per semplificare l'elaborazione di dati, il metodo bidimensionale descritto in precedenza può semplicemente essere ripetuto nel piano X-Y,

Ing. Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

così che vi è una banda di tolleranza nel piano X-Y simile a quella nel piano X-Z (oppure Y-Z). Sarà notato che i "coni di tolleranza" ipotetici appena menzionati diventano ora "piramidi di tolleranza" ipotetiche, con il punto di base P1 che individua l'apice della piramide e le distanze di tolleranza orizzontale e verticale $2h$ che individuano la dimensione della base quadrata (oppure rettangolare) della piramide.

Ing. Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo di digitalizzare una superficie di un pezzo da lavorare (30), nel quale la superficie è scandita con una sonda (5), in modo da produrre dati di coordinate digitalizzati che rappresentano le coordinate di una pluralità di punti (P1-P6) sulla superficie del pezzo da lavorare, e nel quale detti dati sono filtrati per scartare dati che rappresentano alcuni di detti punti, in cui la filtrazione comprende le seguenti fasi:

ricevere dati che rappresentano primi, secondi e terzi punti (P1, P2, P3) sulla superficie,

caratterizzato dal:

creare un vettore (DV1) dal primo punto (P1) al terzo punto (P3),

determinare se detto vettore (DV1) giace entro una tolleranza predeterminata rispetto al secondo punto (P2), e

scartare i dati che rappresentano il secondo punto (P2) se detto vettore (DV1) giace entro detta tolleranza.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui la fase di determinare se detto vettore (DV1) dal primo punto (P1) al terzo punto (P3) giace entro detta tolleranza comprende:

creare vettori di tolleranza (TV0, BV0) che si estendono da detto primo punto attraverso punti sull'altro lato di detto secondo punto, distanziati da detto secondo punto di un valore di tolleranza h , in modo da individuare una banda di tolleranza tra detti vettori di tolleranza, e

determinare se detto vettore (DV1) dal primo punto al terzo punto giace entro detta banda di tolleranza.

3. Metodo secondo la rivendicazione 2, comprendente la fase di calcolare i prodotti incrociati del vettore (DV1) dal primo punto al terzo punto con ciascuno di detti vettori di tolleranza (TV0, BV0).

4. Metodo secondo una qualunque delle rivendicazioni da 1 a 3 in cui, se i dati che rappresentano il secondo punto (P2) non sono scartati, la filtrazione è ripetuta dalle fasi di:

ricevere dati che rappresentano un quarto punto (P4) sulla superficie, e

ripetere dette fasi di creare, determinare e scartare, ma sostituendo i dati che rappresentano rispettivamente il secondo, terzo e quarto punto (P2, P3, P4) ai dati che rappresentano il primo, secondo e terzo punto (P1, P2, P3).

5. Metodo secondo una qualunque delle rivendica-

zioni da 1 a 3 in cui, se i dati che rappresentano il secondo punto (P2) sono scartati, la filtrazione è ripetuta dalle fasi di:

ricevere dati che rappresentano un quarto punto (P4) sulla superficie,

creare un vettore dal primo punto (P1) al quarto punto (P4),

determinare se detto vettore dal primo punto al quarto punto giace entro una tolleranza rispetto al terzo punto (P3), e

scartare i dati che rappresentano il terzo punto (P3) se detto vettore dal primo punto al quarto punto (P4) non giace entro detta tolleranza rispetto al terzo punto.

6. Metodo secondo la rivendicazione 5, in cui detta tolleranza rispetto al terzo punto (P3) è determinata da

creare primi vettori di tolleranza (TV0, BV0) che si estendono da detto primo punto (P1) attraverso i punti sull'altro lato del secondo punto (P2), distanziati dal secondo punto di un valore di tolleranza (h),

creare secondi vettori di tolleranza (TV1, BV1) che si estendono da detto primo punto attraverso i punti sull'altro lato del terzo punto (P3) distanzia-

ti dal terzo punto di un valore di tolleranza (h), e

selezionare una coppia di vettori (TV_n , BV_n) da detti primi e secondi vettori di tolleranza, detta coppia essendo la più vicina di detti vettori di tolleranza al vettore (DV_1) dal primo punto (P_1) al terzo punto (P_3), su ciascun lato del terzo punto.

7. Metodo secondo una qualunque delle precedenti rivendicazioni nel quale detta filtrazione è realizzata in tempo reale durante la scansione di detta superficie (30) con detta sonda (5).

8. Metodo secondo una qualunque delle rivendicazioni da 1 a 6 nel quale i dati che rappresentano detti punti (P_1 - P_6) sono immagazzinati durante la scansione di detta superficie (30) con detta sonda (5), e detta filtrazione viene realizzata sui dati immagazzinati.

9. Metodo di filtrazione dati di coordinate digitalizzati che rappresentano le coordinate di una pluralità di punti (P_1 - P_6) sulla superficie (30) di un pezzo da lavorare, per scartare dati che rappresentano alcuni dei punti, comprendente le fasi di:

ricevere dati che rappresentano primi, secondi e terzi punti (P_1 , P_2 , P_3) sulla superficie,

caratterizzato dal:

creare un vettore (DV_1) dal primo punto (P_1) al

Ing. Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

terzo punto (P3),

determinare se detto vettore (DV1) giace entro una predeterminata tolleranza rispetto al secondo punto (P2), e

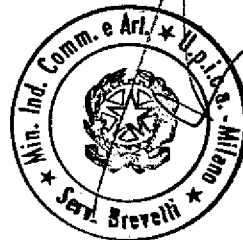
scartare i dati che rappresentano il secondo punto (P2) se detto vettore (DV1) non giace entro detta tolleranza.

Ing. Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

I MANDATARI

(firma)


(per sè e per gli altri)



G/631

Fig. 3.

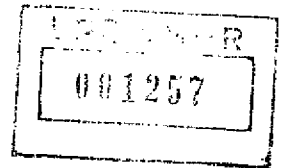
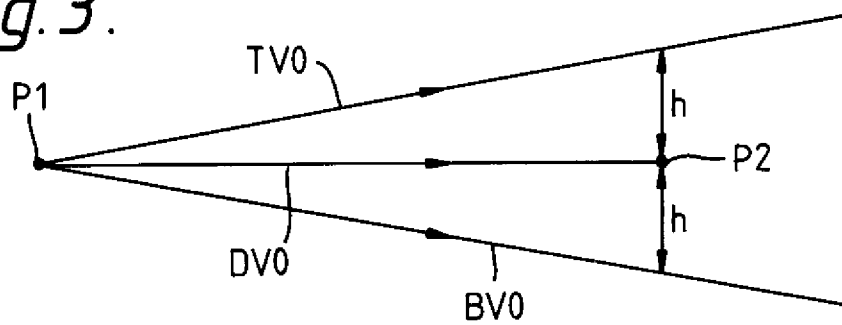


Fig. 4.

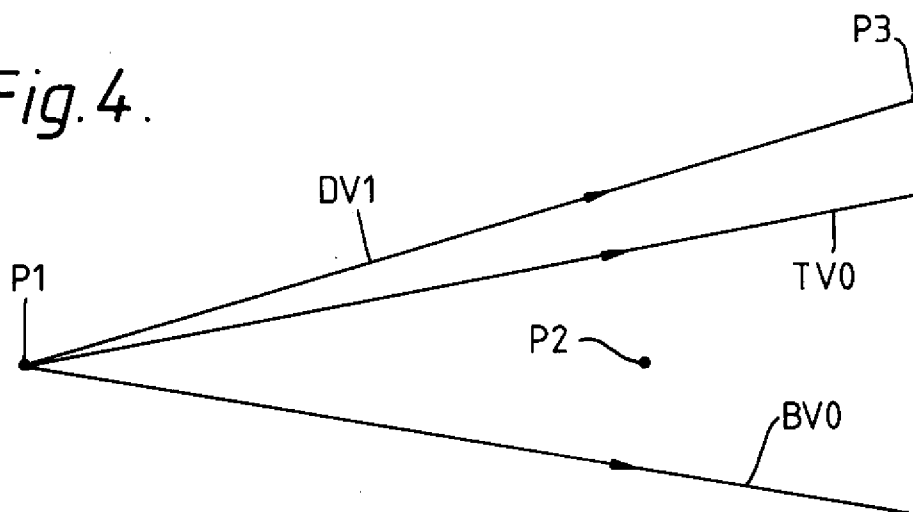
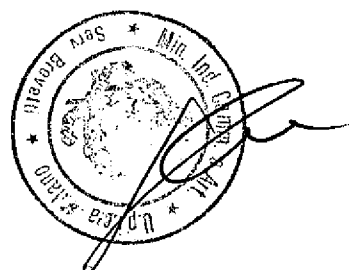
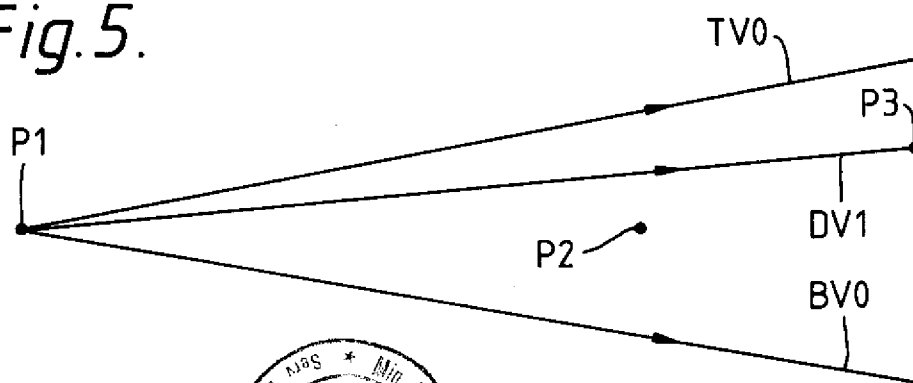


Fig. 5.



(firma)

Atappello
(per sé e per gli altri)

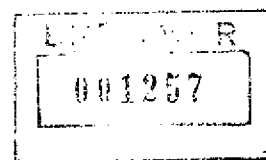


Fig. 6.

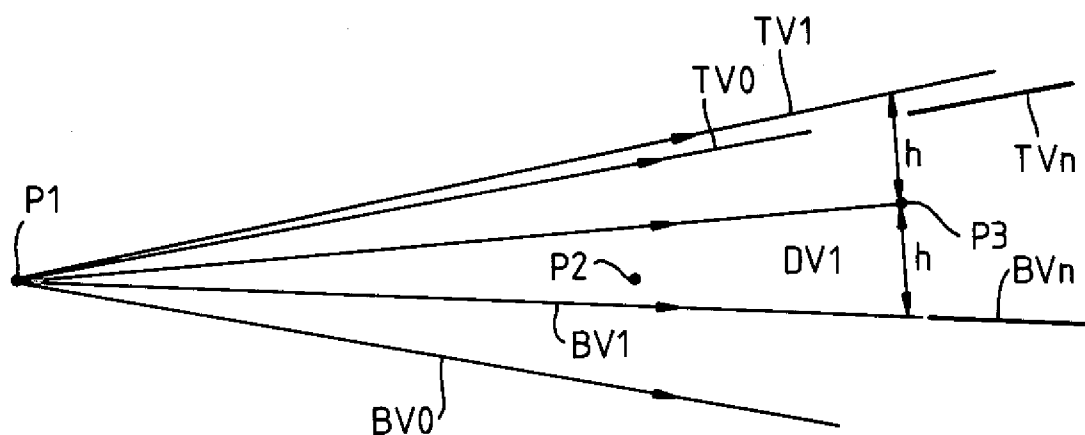
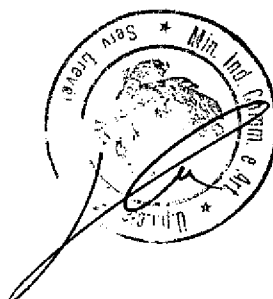
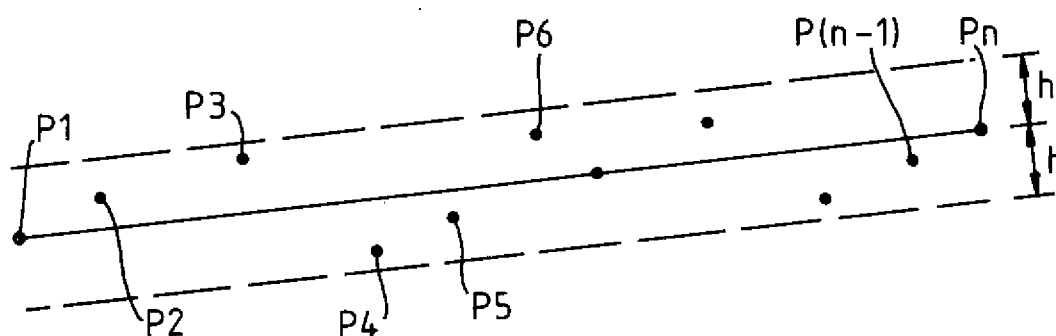


Fig. 7.



I MANDATARI

(firma)

(per sè o per gli altri)

Atappella

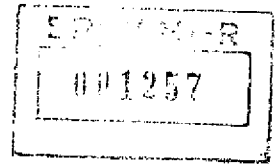
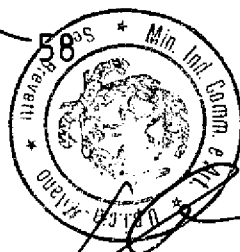
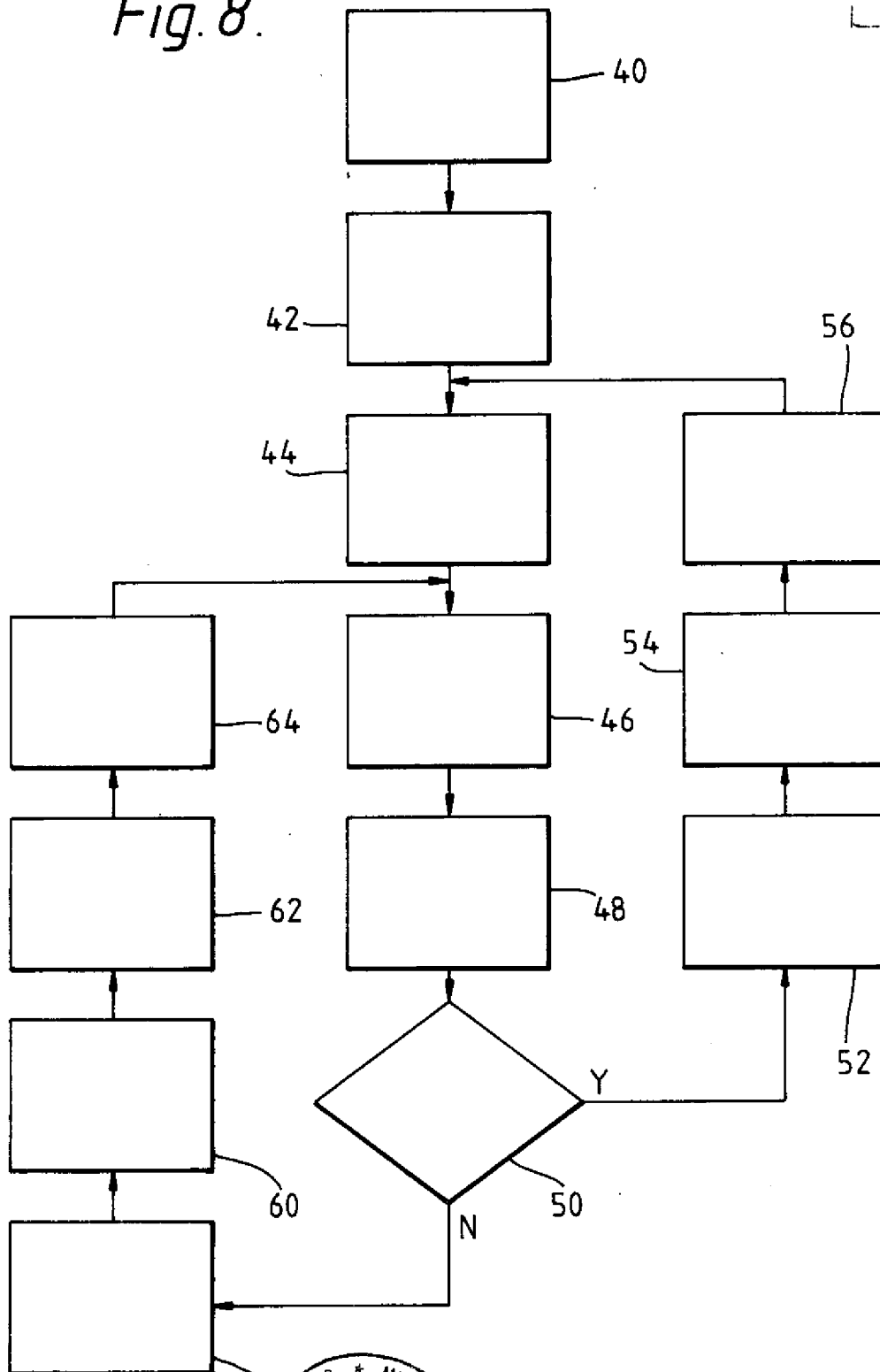


Fig. 8.



I MANDATARI
(firma)

Atzappelle
(per sé e per gli altri)

Fig. 1.
PRIOR ART

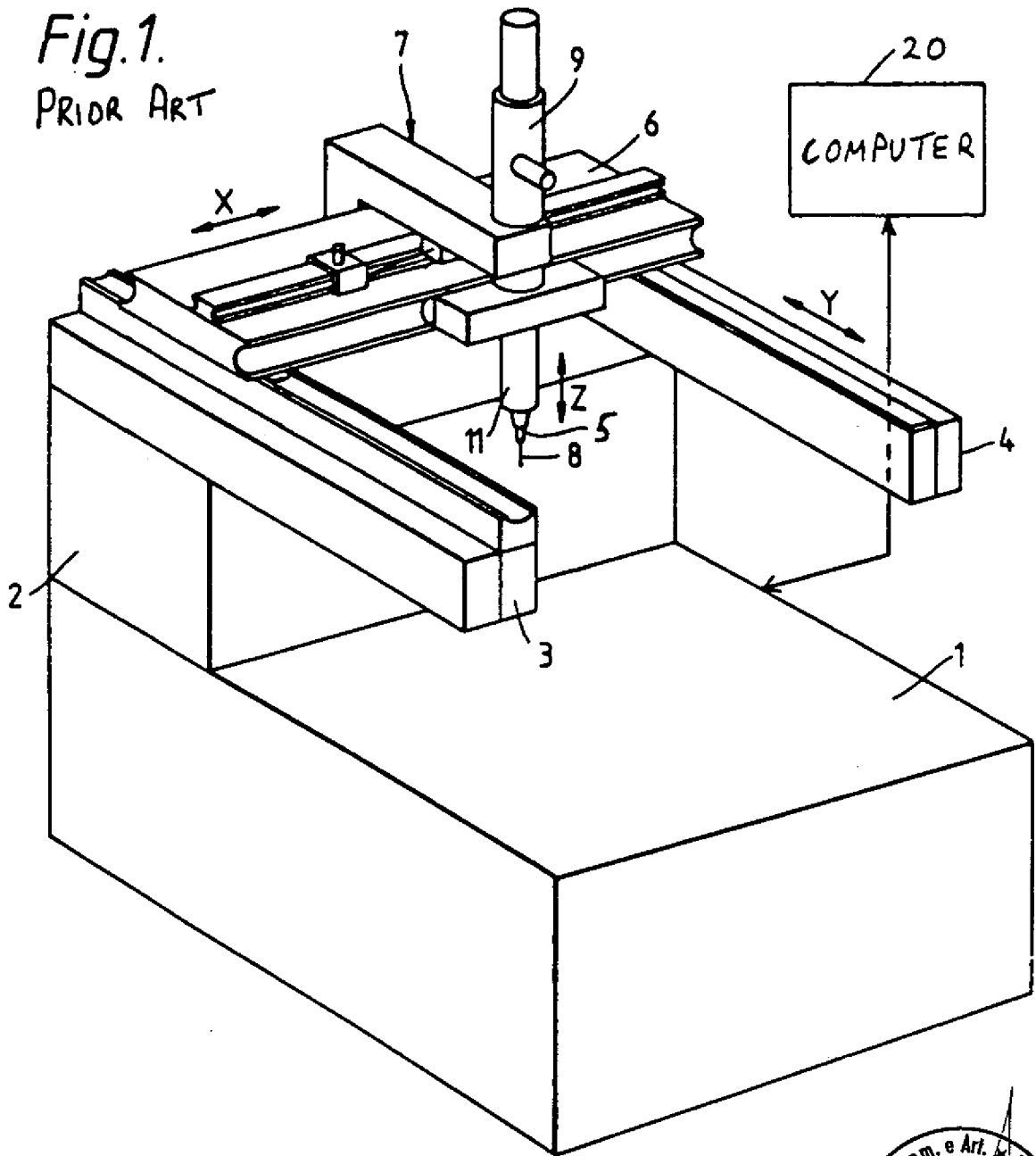


FIG. 2.

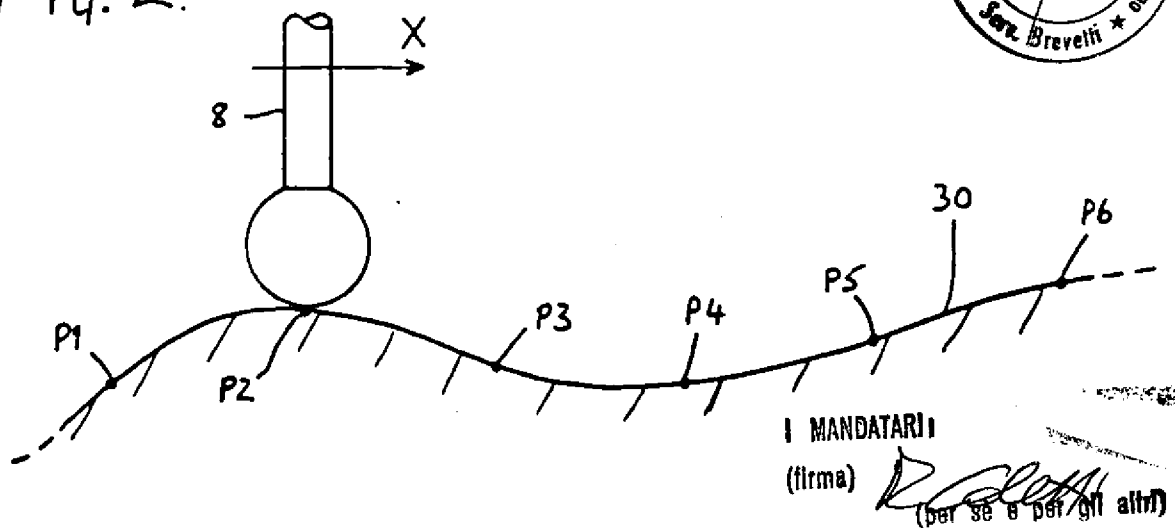


FIG. 3

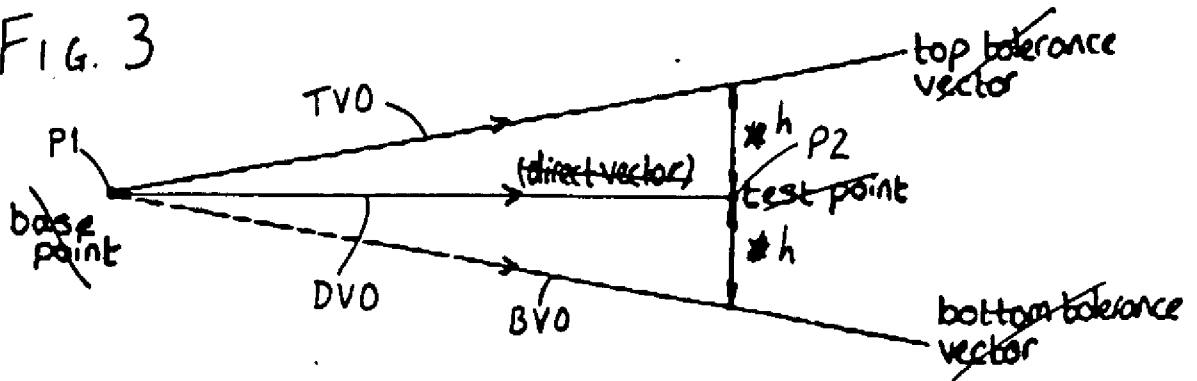


FIG. 4

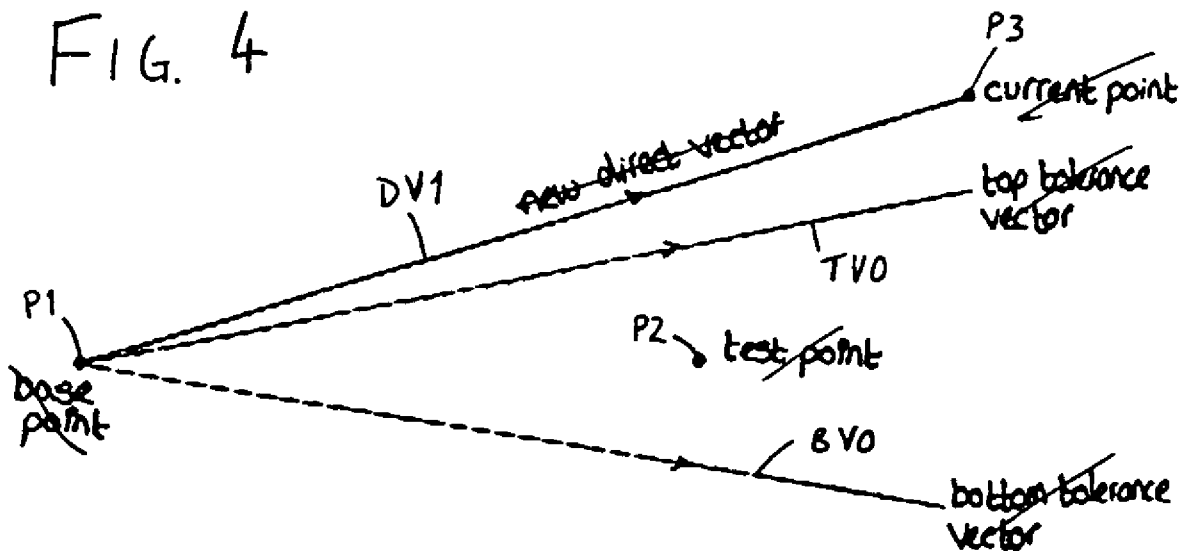
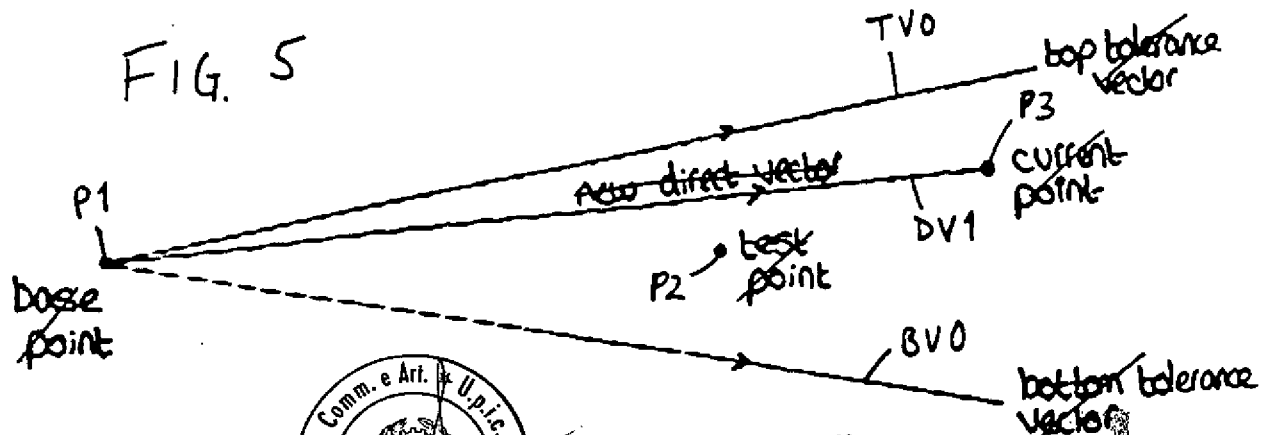


FIG. 5



I MANDATARI

(firma)

(per sé o per gli altri)

3/3 3/4

MI 94A000652

FIG. 6

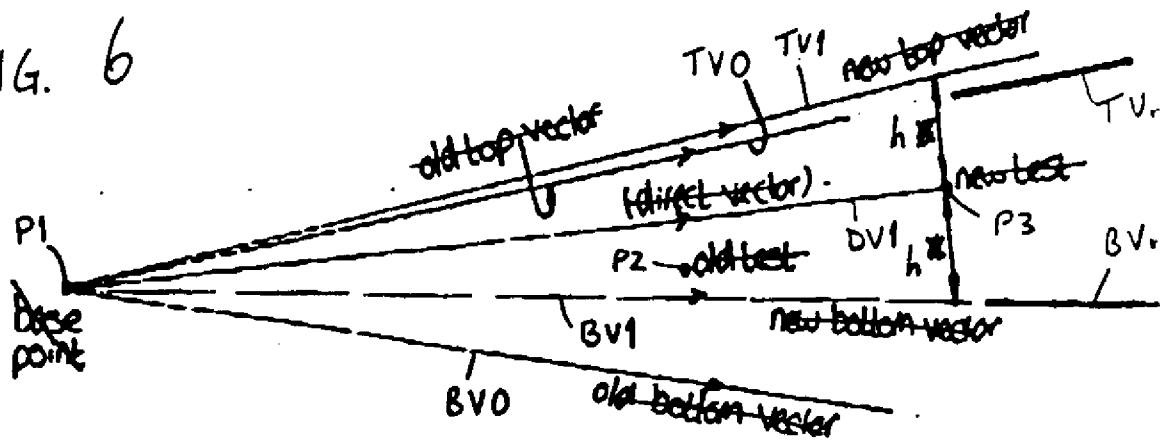
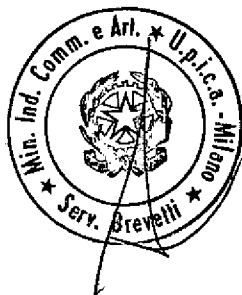
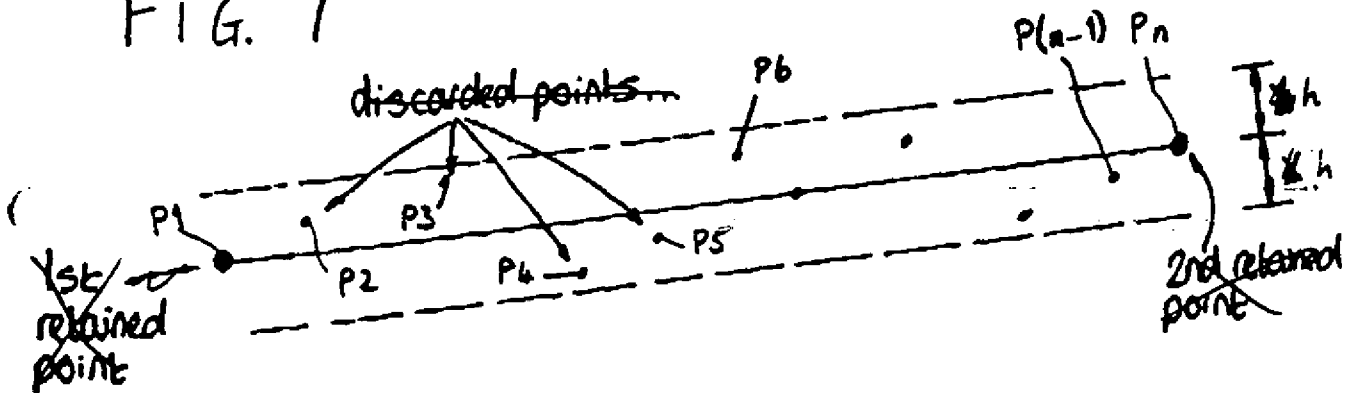


FIG. 7



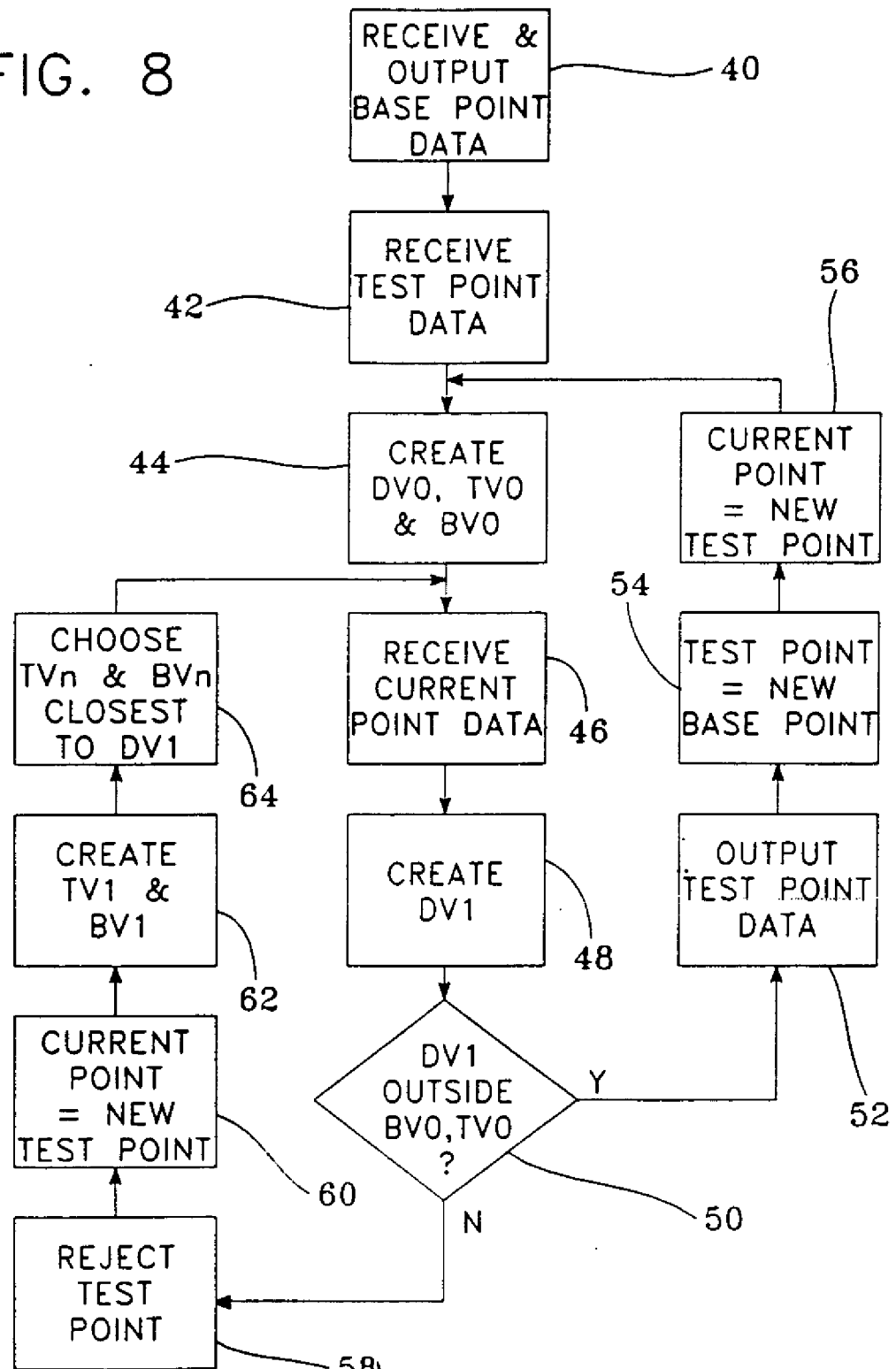
I MANDATARI:

(firma)

[Signature]
(per se e per gli altri)

MI 94A000652

FIG. 8



I MANDATARI:

(firma)

(per sè e per gli altri)